مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
دوره سیزدهم، شماره چهل و هفتم، ۱۴۰۰

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

ارزیابی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر رشد، عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در جو

اباذر عباسی[۱]، شهرام مهری[۲]، حسین سلیمان‌زاده[۳]، سعید علی‌پور[٤]

دریافت: ۱٤۰۱/۰۵/۱٤ پذیرش: ۱٤۰۱/۱۱/۰۵

چکیده

به منظور ارزیابی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر رشد، عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در جو آزمایشی در دو سال متوالی ۹۸ و ۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل به صورت به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل تیمار کود نیتروژن در پنج سطح (صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و فاکتور دوم تلقیح بذور با باکتری، شامل ٤ سطح (بدون تلقیح، آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵، آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف و مخلوط دو باکتری) بود. رقم مورد استفاده LB IRAN بوده و زمان کوددهی در سه نوبت: زمان کاشت، مرحله پنجه‌دهی و زمان پرشدن دانه بود. نتایج نشان داد اکثر صفات مورد مطالعه، معنی‌دار شدند. افزایش کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن موجب افزایش این صفات شد به طوری که سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح، داری بیشترین مقدار بوده و سطح شاهد کودی (عدم کاربرد کود) نیز کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. همچنین تیمار ترکیبی از دو باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ و آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف نسبت به کاربرد تک تک این دو باکتری نسبت به شاهد (عدم تلقیح) دارای بیشترین مقدار و سطح بدون تلقیح نیز کمترین مقدار این صفات را به خود اختصاص داد. برای میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه، مشاهده شد که در این صفات اثر کاربرد کود نیتروژن و تیمارهای مختلف باکتری‌های محرک رشد دقیقا برعکس دیگر صفات مطالعه شده بود به طوری که سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد توام دو باکتری با اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح، داری کمترین مقدار بوده و سطح شاهد کودی (عدم کاربرد کود) و بدون تلقیح نیز دارای بیشترین میزان بود. اختلاف بین بیشترین و کمترین عملکرد دانه در اثر کاربرد کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد، به ترتیب ۲٤ و ٤۰ درصد بود. با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش، سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد توام دو باکتری جهت حصول بالاترین عملکرد در جو قابل توصیه می‌باشد.

واژه های کلیدی: تلقیح، باکتری، عملکرد و اجزای عملکرد، انتقال آسیمیلات.

عباسی، ا.، ش. مهری، ح. سلیمان زاده، و س. علی‌پور. ۱٤۰۰. ارزیابی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی (PGPR) بر رشد، عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در جو. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۳(٤۷): ۱-۱٦.

۱- دانشجوی دکتری، گروه کشاورزی، واحد پارس‌آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس‌آباد مغان، ایران.

۲- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پارس آباد مغان، پارس‌آباد مغان، ایران- مسئول مکاتبات. sh.mehri2000@gmail.com

۳- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پارس آباد مغان، پارس‌آباد مغان، ایران.

٤- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران.

مقدمه

اصطلاح کودهای زیستی منحصرا به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، گیاهی و کود سبز اطلاق نمی‌گردد، بلکه ریزجاندارن باکتریایی و قارچی به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و مواد حاصل از فعالیت آن ها از جمله مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌گردند (منافی و کلوپر، ۱۹۹٤). باکتری‌های محرک رشد گیاه گروهی از باکتری‌ها هستند که موجب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (ویو و همکاران، ۲۰۰۵). این باکتری‌ها با توجه به تشدید رشد و نمو گیاهان زراعی به اصطلاح باکتری محرک عملکرد نیز نامیده می شوند (ویسی، ۲۰۰۳). کاربرد کودهای بیولوژیک به ویژه باکتری های محرک رشد گیاه به صورت تلفیق با کودهای شیمیایی مهمترین راهبرد برای مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی و افزایش تولید در سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد (شارما، ۲۰۰۳). توان تولید هورمون‌های محرک رشد (اگیمبردیدو، ۲۰۰۷ و شاهارون، ۲۰۰٦)، این باکتری‌ها با افزایش حلالیت عناصر غذایی در خاک موجب افزایش جذب این عناصر از خاک می شوند. از طرفی، برخی آزمایش‌های انجام یافته نشان می دهد که به کارگیری برون زاد باکتری های محرک رشد موجب القای ریشه‌دهی در گیاهان می‌شود (کاراکورت، ۲۰۰۹). به عبارت دیگر، باکتری‌های محرک رشد گیاهان با تحریک‌های هورمونی قادر به کنترل رشد و شکل‌گیری ریشه گیاهان می‌باشند. آزمایش انجام گرفته روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت نشان داده است که برخی از نژادهای این باکتری‌ها قادر به افزایش جوانه زنی و بهبود رشد گیاهچه ذرت می‌باشند که در نهایت منجر به افزایش عملکرد گیاه نیز می‌شوند (غلامی و همکاران ۲۰۰۹). از طرف دیگر این باکتری‌ها در اثر توقف رشد یا حذف کامل عوامل بیماری‌زا در خاک، رشد طبیعی ریشه را فراهم آورده و این امر منجر به افزایش کارآیی ریشه در جذب و انتقال آب و مواد معدنی می‌گردد (کاراکورت، ۲۰۰۹). لذا به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد گیاهان با افزایش حلالیت ترکیبات معدنی موجود در خاک بتوانند در افزایش جذب عناصر غذایی توسط ریشه جو نقش مهمی ایفا کنند.

طاهری‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که برهمکنش ازتوباکتر و نیتروژن بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. سیدشریفی و نظرلی (۱۳۹۲) گزارش کردند با افزایش کاربرد کود نیتروژنه به دلیل دسترسی به شاخص سطح برگ بالاتر و ایجاد شرایط بهینه، بخش عمده‌ای از عملکرد دانه توسط فتوسنتز جاری تأمین شده و بخش کمتری به انتقال ماده خشک تخصیص می‌یابد. در حالی که در حالت کمبود نیتروژن به دلیل کاهش سهم فتوسنتز جاری در عملکرد، عدم تعادل بین منبع و مخزن و افزایش فعالیت مخازن، منبع قادر به تامین نیاز مخازن نبوده و در چنین شرایطی سهم انتقال ماده خشک از بخش‌های مختلف به خصوص ساقه افزایش می‌یابد تا لااقل بخشی از نیاز مخازن را تأمین نماید.

یافته های غلامی و همکارن (۲۰۰۹) حاکی است که بسیاری از پارامتری های رشدی گیاه ذرت از جمله وزن تر ساقه، وزن تر گیاه، وزن خشک اندام های هوایی، ارتفاع گیاه، سطح برگ، تعداد دانه در بلال و وزن خشک بلال تحت تاثیر باکتری های محرک رشد افزایش می یابند. در این آزمایش در پاسخ به تلقیح با آزوتوباکتر برازیلنس دی- اس- ام، ۱٦۹۰ سطح برگ گیاه و وزن هزار دانه حدود ٦٥ درصد و ٤٤ درصد افزایش یافت. بهره گیری از تیمارهای کودی مثل نیتروژن در همراهی با نژادهای مختلف باکتری های محرک رشد گیاهان می تواند بسیار حایز اهمیت باشد، چرا که تامین مقادیر کافی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن از مهمترین عوامل دستیابی به عملکردهای بالا به شمار می‌آید. از طرفی تامین عناصر غذایی مورد نیاز با مصرف بهینه کودهای شیمیایی و بررسی میزان موثر بودن آن ها به ویژه با توجه به افزایش بهای هزینه تولید و حمل و نقل و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف نادرست آن‌ها از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشد، لذا دستیابی به ترکیب تیماری مناسب از باکتری‌های محرک رشد و کود نیتروژن که در آن بالاترین عملکرد به دست آید، می‌تواند ضمن کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از کاربرد بی رویه کود، در کاهش هزینه های مربوط به حمل و نقل و کاربرد کود نیز موثر واقع گردد.

هدف از این تحقیق، ارزیابی اثر باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر رشد، عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در جو بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال متوالی ۹۸ و ۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل با مختصات جغرافیایی ٤۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی، ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا انجام شد. خاک منطقه از نوع لومی - رسی می‌باشد pH .خاک۷/۷ و pH آب آبیاری برابر ۷/۱ بوده و عمق خاک زراعی ۷۰ سانتی متر می‌باشد. محل آزمایش از نظر آب و هوا و تقسیمات اقلیمی جزء مناطق نیمه خشک سرد محسوب می شود. بعد از تست یکنواختی مزرعه به دو قسمت تقسیم می‌گردد. قسمت اول برای کاشت و آزمایش

سال اول و قسمت دوم که بصورت آیش باقی ماند، برای آزمایش سال دوم استفاده شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل تیمار کود نیتروژن در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده) به ترتیب صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و فاکتور دوم به تلقیح بذور با باکتری، شامل ٤ سطح (بدون تلقیح، آزتوباکتر کروکوکوم استراین-۵ [2]، آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف[3] و مخلوط دو باکتری) اختصاص داده شد.

رقم مورد استفاده LB IRAN بوده و زمان کود دهی در سه نوبت: زمان کاشت، مرحله پنجه دهی و زمان پرشدن دانه بود. هر کرت دارای ٦ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله ردیف ۱۸ سانتی متر بود. فاصله هر کرت از هم ٤۰ سانتیمتر بود. تراکم مورد استفاده برای همه کرت های آزمایشی ثابت و در حدود ٤۰۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. به منظور تلقیح بذور با باکتری ها، جهت ایجاد چسبندگی مناسب از محلول صمغ عربی استفاده شد (غلامی و همکاران، ۲۰۰۹).

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد آزمایش نیز طبق جدول ۱ به دست آمد.

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد آزمایش.

سال	عمق نمونه برداری (cm)	پ-هاش	عصاره اشباع (٪)	رس (٪)	لوم (٪)	شن (٪)	بافت (٪)	کربن آلی (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)
۱۳۹۸	۳۵-۰	۸/۲	٤٦	۵	۷۲	۲۳	سیلتی لوم	۰/۷۸	۰/۱٦	۱٦
۱۳۹۹	۳۵-۰	۸/۳	٤۷	۵	۷۱	۲۲	سیلتی لوم	۰/۷۹	۰/۱۷	۱٦

نحوه اندازه‌گیری صفات

انتقال مجدد ماده خشک

به منظور اندازه گیری انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از هر کرت آزمایشی تعداد ۳۰ بوته از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته های رقابت کننده در مرحلهٔ آبستنی[1] انتخاب و در فاصله زمانی هر ۳-٤ روز یک بار و در هر مرحله سه بوته از سطح خاک برداشت و نمونه های برداشت شده به آزمایشگاه انتقال و بعد از جدا سازی برگ، ساقه و دیگر اجزای آن (محور سنبله، گلوم ها و ریشک ها) نمونه ها در دمای ۵±۷۰ درجه سانتی گراد تا حصول وزن ثابت در آون خشک شده و با استفاده از ترازوی دیجیتالی حساس توزین و سهم فرآیند انتقال مجدد در تشکیل دانه از طریق روابط زیر برآورد خواهد شد (اسمیت و هامل، ۱۹۹۹؛ پاپاکوستا و گاگیاناس، ۱۹۹۱؛ پالتا و همکاران، ۱۹۹٤).

میزان ماده خشک اندام هوایی به جز دانه (در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک) - حداکثر میزان ماده خشک اندام هوایی (در برداشت اول) = انتقال ماده خشک به دانه (میلی‌گرم از بوته)

وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی- حداکثر وزن خشک ساقه پس از گرده‌افشانی = انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه (میلی‌گرم از ساقه)

۱۰۰× (عملکرد دانه/ انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای از ساقه به دانه) = سهم ذخایر ساقه در عملکرد(درصد)

بوته)}= سهم فرآیند انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه(درصد)

۱۰۰× {عملکرد دانه / (میزان انتقال مجدد ماده خشک از کل

در این روابط کاهش وزن ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده است. فرض می‌شود تنفس برای شرایط محیطی مورد استفاده در این بررسی یکسان است. اهدایی و ونیز (۱۹۹٦) هم در بررسی های مربوط به تنوع ژنتیکی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی در گندم چنین فرضی را صحیح دانسته‌اند.

عملکرد و اجزای عملکرد

به منظور اندازه‌گیری عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات از جمله ارتفاع بوته، طول پدانکل، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح (پنجه‌های بارور) و وزن دانه در سنبله، در مرحله برداشت از سه ردیف وسطی دست نخورده هر کرت از سطحی معادل نیم مربع برداشت بوته ها انجام و برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد اقدام شد. برای تعیین تعداد سنبله در واحد سطح (پنجه بارور) ۲۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و تعداد پنجه های بارور موجود در هر بوته شمارش و میانگین‌گیری شد. به منظور شمارش تعداد دانه در سنبله ۲۰ سنبله به تصادف انتخاب و با خرد کردن سنبله ها تعداد دانه در سنبله نیز به دست آمد. برای

1- Boot stage
2- Azotobacter chroococcum strain5
3- Azospirillum lipoferum strain of

محاسبه عملکرد دانه در هکتار بعد از برداشت مقدار بذر به دست آمده از هر کرت در پاکت های مربوطه ریخته و توزین شد. از بذر هر کدام از پاکتها برای بدست آوردن وزن هزار دانه به طور تصادفی مقداری بذر برداشته شده و با استفاده از دستگاه بذر شمار، شمارش انجام و وزن هزار دانه تعیین شد. برای محاسبه شاخص برداشت با تقسیم مقدار عملکرد اقتصادی بر بیوماس کل ۲۰ بوته ای که جهت تعیین تعداد بوته و پنجه های بارور برداشت شده بود، استفاده شد.ارتفاع بوته از طریق اندازه گیری از سطح خاک تا نوک سنبله بدون در نظر گرفتن ریشک ها بدست خواهد آمد. طول پدانکل نیز از طریق اندازه‌گیری فاصله اولین میانگره پای سنبله تا انتهای سنبله بدست آمد (پاک نژاد و همکاران، ۱۳۹۶).

برای تجزیه داده ها و رسم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده گردید. مقایسات میانگین نیز توسط آزمون LSD انجام گرفت.

نتایج و بحث

باتوجه به تجزیه واریانس مرکب انجام شده برای اثر سال، کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد برای صفات مورد مطالعه، مشاهده شد که صفت تعداد بوته در مترمربع، برای اثرات اصلی سال، کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد و همچنین اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد برای بقیه اثرات متقابل، اختلاف آماری معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد (جدول ۲). برای صفت تعداد پنجه در بوته نیز مشاهده شد که اثرات اصلی کود نیتروژن و باکتری های محرک رشد در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دوجانبه باکتری × سال نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شدند و بقیه اثرات مورد مطالعه اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات عملکرد و اجزای عملکرد و برخی از صفات مورد بررسی متاثر از سال، سطوح کود نیتروژن و باکتری های محرک رشد گیاهی.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد بوته در متر مربع	تعداد پنجه در بوته	وزن هزار دانه	وزن تک دانه	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه در هکتار	عملکرد دانه در مترمربع
سال	۱	۲۲۱۹/٦٦**	۰/۰۰۸	۱٤/۸٤	۲/۳٥**	۱۷/۷۱	۲۷۰٥۹۸/۰۲	۲۷۰۰/۸٥
تکرار/سال	٤	٦/۱٤۲	۰/۰۰٥	۲۰/٦۱	۰/۰۰۰۲	۳۸/۸۸	٦٦۱۰٦۸/٥۷	٦٦۰٦/۹۷
نیتروژن	٤	۲۰۸۹/۷۹**	۰/۱۰۹**	۲۰/۳٦**	۰/۰۰۰۳	۱٤۱/۱۰۸**	۲۳۳٤۱۱۹/۸۷**	۲۳۳۳۹/٥۸**
نیتروژن× سال	٤	۳/۸۱	۰/۰۰۰۸	۰/۲٦۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰٦۹	۸٥۹/٦۸۸	۸/٦۳
باکتری	۳	۹۹۱/۳۸**	۰/٤۳۸**	۱۳۱/۷٥**	۰/۰۱۲*	۷٦/٤۹**	۱٥۱٤۱٤٥۸/٦۱**	۱٥۱٤۲۷/۷٥**
باکتری × سال	۳	۱/۱٦۷	۰/۰۰٦*	۰/۰۰۱	۰/۰۱۲*	۰/۰٥۹	۳۰۹۷/۰٦۹	۳۰/۹۳
نیتروژن × باکتری	۱۲	۱۳/٦۷**	۰/۰۰۳	۰/٥۱۸**	۰/۰۰۰۳	٥/۹۱۹**	۲۳٤۷۱/۸٥**	۲۳٤/۸٥**
نیتروژن× باکتری×سال	۱۲	۰/۹۳	۰/۰۰۱	۰/۰۲۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰٦۲	۳٤۸/۷۱	۳/٤۹
خطای آزمایشی	۷٦	۲/۱٦۸	۰/۰۰۲	۰/٥٤۳	۰/۰۰۰۱٦	۰/۳۷۹	۱۷۸۷/٤٤	۱۷/۸۹۷
ضریب تغییرات	–	۰/٤٥٦	٤/۱۲٦	۲/۸۰۷	۹/۰۹۹	۲/۰۸٥	۱/٤٥۷	۱/٤٥۸

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

صفت وزن هزار دانه نیز برای اثرات اصلی کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد و همچنین اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد برای بقیه اثرات متقابل، اختلاف آماری معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد (جدول ۲). برای صفت وزن تک دانه نیز مشاهده شد که اثرات اصلی سال در سطح احتمال یک درصد، اثر باکتری‌های محرک رشد و اثر متقابل دوجانبه باکتری × سال نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شدند و بقیه اثرات مورد مطالعه اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). صفت تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در واحد سطح نیز برای اثرات اصلی کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد و همچنین اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد برای بقیه اثرات متقابل، اختلاف آماری معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد (جدول ۲).

مقایسه میانگین انجام شده برای صفت تعداد بوته در مترمربع برای اثرات ساده سال نشان داد که در سال دوم کشت

تعداد بوته بیشتری نسبت به سال اول مشاهده شد که با اختلاف آماری معنی‌داری (حدود ۳ درصد) نسبت به هم قرار داشتند. احتمالا یکی از دلایل این اختلاف، وجود شرایط آب و هوایی متفاوت در سال دوم نسبت به سال اول بود به طوری که این شرایط موجب افزایش تعداد پنجه در بوته شده و این امر باعث افزایش تعداد دانه در بوته سال دوم نسبت به سال اول شده است. برای اثر سطوح مختلف کود نیتروژن براین صفت نیز مشاهده که افزایش کاربرد سطوح مختلف این کود موجب افزایش این صفت شده است به طوری که سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح، داری بیشترین مقدار بوده و سطح شاهد کودی (عدم کاربرد کود) نیز کمترین تعداد بوته در مترمربع را به خود اختصاص داد سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایشی حدود ۷ درصد در تعداد بوته در مترمربع، نسبت به شاهد داشت. همچنین در اثر کاربرد تیمارهای مختلف باکتری‌های محرک رشد نیز مشاهده شد که تیمار ترکیبی از دو باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ و آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف نسبت به کاربرد تک تک این دو باکتری و همچنین با اختلافی حدود ٤ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) دارای بیشترین تعداد بوته در متربع بوده و سطح بودن تلقیح نیز کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

مقایسه میانگین انجام شده برای اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد برای صفت تعداد بوته در مترمربع نیز نشان داد که افزایش سطوح کود نیتروژون و مخلوط دو باکتری موجب افزایش این صفت شد به طوری که بیشترین تعداد بوته در مترمربع در ترکیب تیماری سطح پنجم کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مخلوط دو باکتری (۳٤۰/٦۲ عدد) به دست آمد که این ترکیب تیماری با ترکیب‌های تیماری سطح پنجم کودی با سطح سوم و دوم باکتری و همچنین سطح چهارم کود نیتروژن (۷۵ کیلوگرم در هکتار) با سطح چهارم، سوم و دوم باکتری از نظر آماری در گروه کاملا مشترک و برتر قرار داشتند. همچنین کمترین تعداد بوته نیز در ترکیب تیمار شاهد هر دو تیمار مشاهده شد این درحالی بود که اختلاف بین بیشترین و کمترین تعداد بوته در مترمربع، حدود ۱۰ درصد بود (جدول ٦).

در صفت تعداد پنجه در بوته نیز اثر ساده کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد، همانند صفت تعداد بوته در مترمربع افزایش بوده و به طوری که سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح، داری بیشترین مقدار بوده و سطح شاهد کودی (عدم کاربرد کود) نیز کمترین تعداد بوته در مترمربع را به خود اختصاص داد سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایشی حدود ۱۲ درصد در تعداد پنجه در بوته، نسبت به شاهد داشت. همچنین در اثر کاربرد تیمارهای مختلف باکتری‌های محرک رشد نیز مشاهده شد که تیمار ترکیبی از دو باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ و آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف نسبت به کاربرد تک تک این دو باکتری و همچنین با اختلافی حدود ۲۰ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) دارای بیشترین تعداد پنجه در بوته بوده و سطح بدون تلقیح نیز کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

مقایسه میانگین انجام شده برای اثر متقابل دوجانبه سال × باکتری‌های محرک رشد برای صفت تعداد پنجه در بوته نیز نشان داد که بیشترین تعداد پنجه در بوته در ترکیب تیماری سال دوم کشت با مخلوط دو باکتری به دست آمد که این ترکیب تیماری با ترکیب‌های تیماری سال اول کشت با مخلوط دو باکتری از نظر آماری در گروه کاملا مشترک و برتر قرار داشتند. همچنین کمترین تعداد پنجه در بوته نیز در ترکیب تیمار شاهد در هر دو سال مشاهده شد این درحالی بود که این ترکیب با ترکیب تیماری باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ در هر دو سال از نظر آماری در گروه کاملا مشترک و پایین قرار داشتند. اختلاف بین بیشترین و کمترین تعداد بوته در مترمربع، حدود ۲۰ درصد بود (شکل ۱).

مقایسه میانگین انجام شده برای وزن هزار دانه، نشان داد باز سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با اختلاف معنی داری نسبت به دیگر سطوح، داری بیشترین مقدار بوده و سطح شاهد کودی (عدم کاربرد کود) نیز کمترین تعداد بوته در مترمربع را به خود اختصاص داد. همچنین در اثر کاربرد تیمارهای مختلف باکتری‌های محرک رشد نیز مشاهده شد که تیمار کاربرد توام دو باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ و آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف نسبت به کاربرد تک تک این دو باکتری دارای بیشترین وزن هزار دانه بوده و سطح بدون تلقیح نیز کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

مقایسه میانگین انجام شده برای اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد برای صفت وزن هزار دانه نیز نشان داد که افزایش سطوح کود نیتروژون و مخلوط دو باکتری موجب افزایش این صفت شد به طوری که بیشترین وزن هزار دانه در ترکیب تیماری سطح پنجم کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مخلوط دو باکتری (۲۹/٦ گرم) به دست آمد که این

ترکیب تیماری با ترکیب‌های تیماری سطح پنجم کودی با سطح سوم و همچنین سطح چهارم کود نیتروژن (۷۵ کیلوگرم در هکتار) با سطح چهارم و سوم و سطح سوم کودی با سطح چهارم باکتری از نظر آماری در گروه یکسان قرار داشتند. همچنین کمترین وزن هزار دانه نیز به طور مشترک در ترکیب تیمار شاهد هر دو تیمار و شاهد باکتری با سطح دوم کودی مشاهده شد این درحالی بود که اختلاف بین بیشترین و کمترین تعداد بوته در مترمربع، حدود ۲۵ درصد بود (جدول ٦).

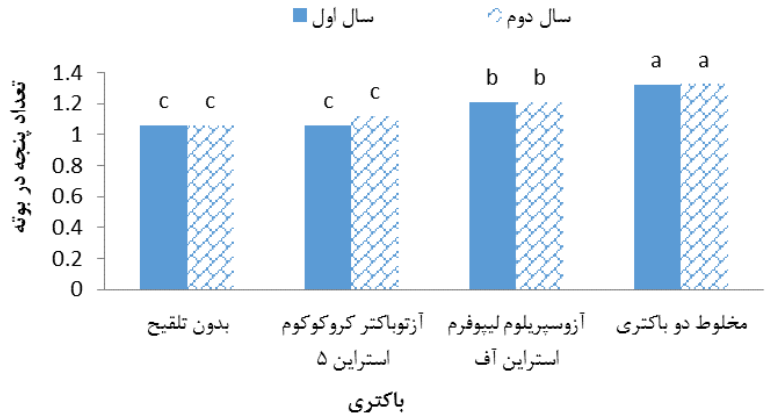
مقایسه میانگین انجام شده برای تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در واحد سطح، نشان داد باز سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح، داری بیشترین مقدار بوده (در عملکرد دانه سطح ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن خالص در هکتار، از نظر آماری در گروه مشترک قرار داشتند) و سطح شاهد کودی (عدم کاربرد کود) نیز کمترین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در واحد سطح را به خود اختصاص داد. اختلاف بین بیشترین و کمترین تعداد دادنه و عملکرد دانه در اثر کاربرد کود نیتروژن، به ترتیب ۱۷ و ۲٤ درصد بود. همچنین در اثر کاربرد تیمارهای مختلف باکتری‌های محرک رشد نیز مشاهده شد که تیمار کاربرد توام دو باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ و آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف نسبت به کاربرد تک تک این دو باکتری دارای بیشترین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در واحد سطح بوده و سطح بدون تلقیح نیز کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد. اختلاف بین بیشترین و کمترین تعداد دادنه و عملکرد دانه در اثر کاربرد باکتری-های محرک رشد، به ترتیب ۱۲ و ٤۰ درصد بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد و برخی از صفات مورد بررسی متاثر از سال، سطوح کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاهی.

		تعداد بوته در متر مربع	تعداد پنجه در بوته	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه در هکتار	عملکرد دانه در مترمربع
سال	اول	۳۲۰/٤۸b	۱/۱٦ a	۲۵/۹ a	۲۹/۱٤ a	۲۸۵۳/٦ a	۲۸۵/۳۷ a
	دوم	۳۲۹/۰۹a	۱/۱۸ a	۲٦/٦۰ a	۲۹/۹۱ a	۲۹٤۸/۵ a	۲۹٤/۸٦ a
سطوح نیتروژن خالص	شاهد (صفر)	۳۱٤/۳۳e	۱/۱۳c	۲۵/۱۰٤d	۲۷/۰۰e	۲٤٤۱/۳۳d	۲٤٤/۱٤۲d
	۲۵ کیلوگرم در هکتار	۳۱۸/۱۵d	۱/۱۳c	۲٦/۰۲۵c	۲۷/٤۳d	۲۷٤۸/۰۰c	۲۷٤/۸۰۸c
	۵۰ کیلوگرم در هکتار	۳۲۲/٤۹c	۱/۱۳۷c	۲۵/۸۷c	۲۹/۲۳c	۲۹٦٦/۳٤b	۲۹٦/٦۳۸b
	۷۵ کیلوگرم در هکتار	۳۳۳/٦۲b	۱/۱۷۵b	۲٦/۷۱b	۳۱/٤۰b	۳۱٦۷/۵۸a	۳۱٦/۷٦۷a
	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۳۳۵/۳۵a	۱/۲۹a	۲۷/۵۵a	۳۲/۵٦a	۳۱۸۲/۰۳a	۳۱۸/۲۰۸a
سطوح باکتری	بدون تلقیح	۳۱٦/۵۸d	۱/۰٦d	۲۳۲/٤۱d	۲۷/۳۵d	۲۰۱٤/۷۳d	۲۰۱/٤۷۷d
	آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵	۳۲۵/۱۷c	۱/۰۹c	۲٦/۲۵c	۲۹/٤۱c	۲٦٦۱/٦۱c	۲٦٦/۱٦۷c
	آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف	۳۲۷/۹۹b	۱/۲۱b	۲٦/۹٤b	۳۰/۲۹b	۳۳۲٦/۹۳b	۳۳۲/٦۹۷b
	مخلوط دو باکتری	۳۲۹/٤۱a	۱/۳۲a	۲۸/٤۰a	۳۱/۰۵a	۳٦۰۰/۹٦a	۳٦۰/۱۱۰a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

مقایسه میانگین انجام شده برای اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد برای صفت تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در واحد سطح نیز نشان داد که افزایش سطوح کود نیتروژون و مخلوط دو باکتری موجب افزایش این صفات شد به طوری که بیشترین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در واحد سطح در ترکیب تیماری سطح پنجم کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مخلوط دو باکتری (به ترتیب ۳٤/٦۲ عدد و ٤۰۰۳/۸ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که این ترکیب تیماری در صفت تعداد دانه در سنبله با ترکیب‌های تیماری سطح پنجم کودی با سطح سوم باکتری در گروه یکسان قرار داشت و همچنین برای صفت عملکرد دانه نیز سطح چهارم کود نیتروژن (۷۵ کیلوگرم در هکتار) با سطح چهارم باکتری از نظر آماری در گروه مشترک قرار داشتند. همچنین کمترین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در واحد سطح نیز به طور مشترک در ترکیب تیمار شاهد کود و شاهد باکتری مشاهده شد این درحالی بود که اختلاف بین بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در واحد سطح، به ترتیب حدود ۳۳ و ۵۰ درصد بود (جدول ٦).



شکل ۱- اثر متقابل دوجانبه سال × باکتری برای صفت تعداد پنجه در بوته

جدول ٤- تجزیه واریانس مرکب صفات انتقال مجدد ماده خشک از ساقه و کل گیاه به دانه و برخی از صفات مورد بررسی متاثر از سال، سطوح کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاهی.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	میزان انتقال از ساقه	سهم انتقال از ساقه	میزان انتقال کل	سهم انتقال کل
سال	۱	۳۷۱۰۷٤/٤۱	۱٤/۱٤	۳۹۹/٦۷	٦/۳۰۲	۱۰۱۷/۳۳	۱۵/۷۷
تکرار/سال	٤	۳۳۱۹٦۷۹/۵۸	۵۲/۸۵	۵۰۸۳/۷۸	۱٤۳/۰٤	۱۳۰۰۷/۸٦	۳٦۵/۳۹
نیتروژن	٤	۳۵٤۲۲۵۵۳/۱۸**	۸۸/۹۲	۱۳۹۸۹۵/٦٦**	۳۱٤۵/۰۵**	۳۵۸۱۷۵/۹۹**	۸۰۵۱/۸**
نیتروژن × سال	٤	۱۹۰٦٤٤/۸۸	۳/۹۸	۲۱/٤۵	۰/٤۹	۵٤/۵۱	۱/۲۲
باکتری	۳	۱۲۸۱۵۲۷۷/۹۳**	۱۲۳٤/۰٤*	٤۸۳۵/۱۸**	۱۲۲۱/۳٤**	۱۲۳۸۸/۷**	۳۱۲۵/۳۲**
باکتری × سال	۳	۲۱۳۳۸٦/۷۵	٤/۵۰	۰/۷٦	۰/۲۰۳	۱/۹	۰/٤۸
نیتروژن × باکتری	۱۲	۸۸۹۰۰۹/۸۲*	۳۸/۷۹	٦۲۲/۳۵**	۱۱٦/٦۲**	۱۵۹٤/۰۸۹**	۲۹۹/۷۸**
نیتروژن× باکتری×سال	۱۲	۲۳٤۹۳۷/۵۵	٤/۰۳	۰/۰۹۷	۰/۰۱٤	۰/۲٤	۰/۰۵
خطای آزمایشی	۷٦	٤۹۳۹۲۱/۲٤	۱۳/۵۸	۲٤/۷٦	۰/۷٤	٦۳/٤۵	۱/۹۱
ضریب تغییرات	–	۸/٦٤	۱۰/۳۱	۳/۳۷	٤/٦٤	۳/۳۷	٤/٦۵

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

صفت عملکرد بیولوژیک نیز برای اثرات اصلی کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد برای بقیه اثرات متقابل، اختلاف آماری معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد (جدول ٤).

صفت شاخص برداشت نیز فقط برای اثرات اصلی باکتری های محرک رشد در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و برای بقیه اثرات متقابل، اختلاف آماری معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد (جدول ٤). صفات میزان انتقال ماده خشک از ساقه به دانه، سهم انتقال مواد از ساقه به دانه، میزان انتقال مواد فتوسنتزی از کل گیاه به دانه و سهم انتقال مواد فتوسنتزی از کل گیاه به دانه نیز برای اثرات اصلی کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد و همچنین اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد برای بقیه اثرات متقابل، اختلاف آماری معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد (جدول ٤).

مقایسه میانگین انجام شده برای عملکرد بیولوژیک در واحد سطح، نشان داد باز سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح، داری بیشترین مقدار بوده (سطح ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن خالص در هکتار، از نظر آماری در گروه مشترک قرار داشتند) و سطح شاهد کودی (عدم کاربرد کود) نیز کمترین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح را به خود اختصاص داد. اختلاف بین بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح در اثر کاربرد کود

نیتروژن، ۲۰ درصد بود. همچنین در اثر کاربرد تیمارهای مختلف باکتری‌های محرک رشد نیز مشاهده شد که تیمار کاربرد توام دو باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ و آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف نسبت به کاربرد تک تک این دو باکتری دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح و شاخص برداشت بوده (در صفت عملکرد بیولوژیک در واحد سطح سطح چهارم باکتری با سطح سوم آن از نظر آماری در گروه مشترک قرارداشتند) و سطح بدون تلقیح نیز کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد. اختلاف بین بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح و شاخص برداشت در اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد، به ترتیب ۱۷ و ۳۵ درصد بود (جدول ۵).

مقایسه میانگین انجام شده برای اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد برای صفت عملکرد بیولوژیک در واحد سطح نیز نشان داد که افزایش سطوح کود نیتروژون و مخلوط دو باکتری موجب افزایش این صفات شد به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح در ترکیب تیماری سطح پنجم کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مخلوط دو باکتری (۱۰۹٤۰/۱ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که این ترکیب تیماری با ترکیب‌های تیماری سطح پنجم کودی با سطح سوم باکتری در گروه یکسان قرار داشت همچنین کمترین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح نیز در ترکیب تیمار شاهد کود و شاهد باکتری مشاهده شد و این سطح با ترکیب تیماری سطح شاهد کودی با سطح دوم و سوم باکتری در گروه یکسان قرار داشتند و اختلاف بین بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح، حدود ٤۰ درصد بود (جدول ٦).

مقایسه میانگین انجام شده برای میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه را به خود اختصاص داد. همچنین در اثر کاربرد تیمارهای مختلف باکتری‌های محرک رشد نیز مشاهده شد که تیمار کاربرد توام دو باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ و آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف نسبت به کاربرد تک تک این دو باکتری دارای کمترین میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه بوده و سطح بدون تلقیح نیز بیشترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

مقایسه میانگین انجام شده برای اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد برای صفت میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه نیز نشان داد که افزایش سطوح کود نیتروژون و مخلوط دو باکتری موجب کاهش این صفات شد به طوری که کمترین میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه در ترکیب تیماری سطح پنجم کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مخلوط دو باکتری به دست آمد. همچنین بیشترین میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه (به ترتیب ۲۷۵/۹۸ میلی-گرم، ۵۳/۱۸ درصد، ٤٤۱/۵۸ میلی‌گرم و ۸۵/۱۲ درصد) نیز در ترکیب تیمار شاهد کود و شاهد باکتری مشاهده شد (جدول ٦).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها برای صفات انتقال مجدد ماده خشک از ساقه و کل گیاه به دانه و برخی از صفات مورد بررسی متاثر از سال، سطوح کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاهی.

		عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	میزان انتقال از ساقه	سهم انتقال از ساقه	میزان انتقال کل	سهم انتقال کل
سال	اول	۸۰۷۲/۹ a	۳۵/۴۲ a	۱۴۵/۶۹ a	۱۸/۳۴ a	۲۳۳/۱۱ a	۲۹/۳۵ a
	دوم	۸۱۸۴/۲ a	۳۶/۱۱ a	۱۴۹/۳۴ a	۱۸/۸ a	۲۳۸/۹۳ a	۳۰/۰۷ a
سطوح نیتروژن خالص	شاهد (صفر)	۶۹۴۷/۴d	۳۵/۱۴a	۲۶۰/۰۵۴a	۳۶/۲۱a	۴۱۶/۰۹۶a	۵۷/۹۴a
	۲۵ کیلوگرم در هکتار	۷۵۸۶/۹c	۳۶/۱۸a	۱۸۴/۹۶۳b	۲۳/۲۱b	۲۹۵/۹۲۹b	۳۷/۱۴b
	۵۰ کیلوگرم در هکتار	۸۲۱۰/۱b	۳۶/۱۳a	۱۳۰/۴۹۲c	۱۵/۱۷c	۲۰۸/۷۷۵c	۲۴/۲۷c
	۷۵ کیلوگرم در هکتار	۸۷۵۹/۱a	۳۶/۱۶a	۸۸/۴۹۲d	۹/۹۹d	۱۴۲/۰۶۳d	۱۵/۹۹d
	۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۸۷۸۹/۲a	۳۶/۲۰a	۷۳/۲۸۳e	۸/۲۵e	۱۱۷/۲۳۸e	۱۳/۲۱e
سطوح باکتری	بدون تلقیح	۷۲۸۲/۱c	۲۷/۶۲d	۱۶۰/۰۴a	۲۶/۹۹a	۲۵۶/۰۶۷a	۴۳/۲a
	آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵	۷۹۸۰/۵b	۳۳/۸۴c	۱۵۴/۸۹b	۱۹/۸۴b	۲۴۷/۸۱۷b	۳۱/۷۴b
	آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف	۸۴۶۹/۷a	۳۹/۶۳b	۱۴۳/۶۶۷c	۱۴/۸۲c	۲۲۹/۸۶۷c	۲۳/۷۲c
	مخلوط دو باکتری	۸۷۸۱/۹a	۴۱/۹۶a	۱۳۱/۴۷d	۱۲/۶۱d	۲۱۰/۳۳d	۲۰/۱۹d

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اتر متقابل باکتری در سطوح کود نیتروژن برای صفات مورد بررسی.

*اتر متقابل سطوح کود نیتروژن در تلقیح	تعداد بوته در متر مربع	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه در هکتار (کیلوگرم)	عملکرد بیولوژیک در هکتار (کیلوگرم)	میزان انتقال از ساقه (میلی‌گرم)	سهم انتقال از ساقه (درصد)	میزان انتقال کل (میلی-گرم)	سهم انتقال کل (درصد)
B1C1	۳۰۷/۰f	۲۲/۱۸e	۲۳/۲۳j	۱۶۰۱/۹j	۶۱۰۵/۴i	۲۷۵/۹۸a	۵۳/۱۸a	۴۴۱/۵۸a	۸۵/۱۲a
B1C2	۳۱۲/۲ef	۲۴/۹۳cd	۲۷/۲۷gh	۲۲۲۶/۷h	۶۴۵۷/۵hi	۲۶۹/۹۸ab	۳۸/۰۵b	۴۳۱/۹۸ab	۶۰/۹۲b
B1C3	۳۱۸/۰۲de	۲۵/۱۷cd	۲۸/۵۷fg	۲۸۴۴/۷f	۶۵۵۹/۹hi	۲۵۴/۱۳bc	۲۸/۵۷c	۴۰۶/۶۲bc	۴۵/۷c
B1C4	۳۲۰/۱cd	۲۸/۱۳ab	۲۸/۹۳fg	۳۰۹۲/۰de	۶۸۶۷/۰ghi	۲۴۰/۱۲c	۲۵/۰۲d	۳۸۴/۲c	۴۰/۰۲d
B2C1	۳۱۲/ef۱	۲۲/۰e	۲۵/۳i	۱۸۹۵/۹i	۶۹۲۱/۰ghi	۲۱۴/۸۳d	۳۵/۷۷b	۳۴۳/۷۵d	۵۷/۲۵b
B2C2	۳۱۸/۳۷de	۲۷/۳۵b	۲۶/۵۷hi	۲۵۴۵/۲g	۶۹۴۰/۷ghi	۱۸۸/۰۸e	۲۳/۷۲de	۳۰۰/۹۲e	۳۷/۹۳de
B2C3	۳۲۰/۶۸cd	۲۷/۱۲b	۲۸/۶fg	۳۱۷۲/۳d	۸۰۳۸/۱def	۱۷۰/۴۳f	۱۷/۳۸f	۲۷۲/۶۷e	۲۷/۸۲f
B2C4	۳۱۲/۳۳ef	۲۷/۶۳b	۲۹/۲۷f	۳۳۷۸/۷c	۸۴۴۷/۶de	۱۶۶/۵f	۱۵/۹۸fgh	۲۶۶/۳۸f	۲۵/۵۷fgh
B3C1	۳۱۲/۱۷ef	۲۴/۳۳cd	۲۸/۶۳fg	۲۱۰۲/۹h	۷۳۵۰/۲fgh	۱۴۳/۸۸g	۲۱/۵e	۲۳۰/۲۲g	۳۴/۳۸e
B3C2	۳۲۴/۲۳bcd	۲۵/۴۳cd	۲۹/۲۲f	۲۷۳۷/۱fg	۸۱۴۰/۵def	۱۳۸/۱g	۱۶/۵۳fg	۲۲۰/۹۳g	۲۶/۴۲fg
B3C3	۳۲۶/۳۳bc	۲۵/۲۲cd	۲۹/۴۵ef	۳۳۹۲/۴c	۸۴۴۷/۶de	۱۳۴/۰۵g	۱۳/۰۲hij	۲۱۴/۴۸g	۲۰/۸۸hij
B3C4	۳۲۷/۲۲b	۲۸/۶۲ab	۲۹/۶۳def	۳۶۳۳/۰b	۸۹۰۲/۱cd	۱۰۵/۹۳h	۹/۶۳kl	۱۶۹/۴۷h	۱۵/۴kl
B4C1	۳۲۵/۸۵bc	۲۴/۶cd	۳۰/۲۳def	۲۲۰۷/۹h	۷۶۵۷/۳efg	۹۲/۲۵hi	۱۳/۷۷ghi	۱۴۷/۶hi	۲۲/۰۲hij
B4C2	۳۳۴/۲۸a	۲۵/۶۵c	۳۱/۴cd	۲۸۴۷/۰f	۸۸۲۲/۳cd	۸۹/۸hi	۱۰/۷ijk	۱۴۳/۶۸hi	۱۷/۰۸ijk
B4C3	۳۳۶/۵۷a	۲۸/۵۵ab	۳۱/۲cde	۳۶۱۱/۷b	۸۷۵۲/۵cd	۸۸/۸۷hi	۷/۹۷klm	۱۴۲/۱۵hi	۱۲/۷۵klm
B4C4	۳۳۷/۷۷a	۲۸/۰۳b	۳۲/۷۸bc	۳۸۹۷/۳a	۹۰۰۴/۵cd	۸۴/۲۵i	۷/۵۵klm	۱۳۴/۸۲i	۱۲/۱۲klm
B5C1	۳۲۵/۶۷bc	۲۴/۰۳d	۲۹/۳۵f	۲۲۶۵/۱h	۸۳۵۷/۱de	۸۸/۴۸hi	۱۰/۷۵ijk	۱۴۱/۵۷hi	۱۷/۲۲ijk
B5C2	۳۳۶/۷۸a	۲۷/۹b	۳۲/۶۲	۲۹۵۲/۲ef	۹۵۶۱/۴bc	۷۵/۴۷i	۱۰/۲jkl	۱۲۰/۷۵i	۱۶/۳۳jkl
B5C3	۳۳۸/۳۳a	۲۸/۶۵ab	۳۳/۶۵ab	۳۶۱۳/۳b	۱۰۲۹۸/۳ab	۷۳/۲۵i	۷/۱۵lm	۱۱۷/۱۸i	۱۱/۴۷lm
B5C4	۳۴۰/۶۲a	۲۹/۶a	۳۴/۶۲a	۴۰۰۳/۸a	۱۰۹۴۰/۱a	۵۵/۹۳j	۴/۸۸m	۸۹/۴۵j	۷/۸۳m

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند. *شاهد کود نیتروژن (صفر) B1، ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن B2، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن B3، ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن B4، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن B5، بدون تلقیحC1، تلقیح با آزتوباکتر کروکوکوم استراین C2۵، تلقیح با آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آفC3 و تلقیح با مخلوط دو باکتریC4.

حکمعلی‌پور و سیدشریفی (۱۳۹٤) نتایج نشان دادند با افزایش مقادیر کودهای نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد گیاهی میزان انتقال ماده خشک کل و ساقه و سهم آن دو در پر شدن دانه کاهش یافت. به طوری که بیشترین میزان انتقال ماده خشک و بالاترین سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه در سطوح شاهد فاکتورهای آزمایشی مشاهده گردید. حداکثر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه در بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در کرت‌هایی با بالاترین مقادیر کودهای نیتروژن و پیش تیمار توأم Azosprilium و Azotobacter و کم ترین آن ها در عدم کاربرد فاکتورهای آزمایشی به دست آمد. به دلیل روابط فیزیولوژیکی موجود بین منبع و مخزن، ظرفیت بالای مخزن موجب تحریک فعالیت منبع میشود و منبع از طریق افزایش انتقال ماده خشک مواد مورد نیاز مخزن را فراهم می‌سازد. در این بررسی نیز عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد به همراه کاهش یا عدم مصرف کود نیتروژنه منجر به افزایش انتقال ماده خشک از ساقه به دانه و افزایش سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه گردید. سوزا و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس، سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه کاهش می‌یابد.

سوزا و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که با مصرف کود نیتروژنه پس از گلدهی انتقال مجدد از اندام‌های هوایی به دانه کاهش می‌یابد. سیدشریفی و نظرلی (۱۳۹۲) گزارش کردند به نظر می‌رسد با افزایش نیتروژن قابل دسترس، منبع به دلیل گسترش سطح برگ و افزایش شاخص سطح برگ، توانایی تولید مواد فتوسنتزی بیشتری را برای مخازن فراهم ساخته و به تبع از آن انتقال مجدد ماده خشک کاهش می‌یابد. غلامی و همکاران (۲۰۰۹) افزایش سطح برگ ذرت در پاسخ به تلقیح با ازتوباکتر براسیلنز دی-س- ام، ۱۱٦۹۰ را تا حدود ٦۵ درصد گزارش نمودند. سیدشریفی (۲۰۱۱) در بررسی تغییرات سطح برگ ارقام ذرت تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد، بیشترین شاخص سطح برگ را در پرایمینگ بذر با ازتوباکتر و کمترین آن را در حالت عدم پرایمینگ بذر گزارش نمودند. در این بررسی نیز به دلیل اینکه تلفیق باکتری و نیتروژن، شاخص سطح برگ را افزایش داده و متعاقب آن فتوسنتز و مواد اندوخته‌ای در گیاه بالا می‌رود. در همچون شرایطی منبع قادر به تامین ظرفیت مخزن خواهد بود و توانایی منبع در تامین نیاز مخزن موجب می‌شود که انتقال مجدد ماده خشک کاهش یابد.

سلیمان‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) نتایج مشابهی را گزارش کردند. آنها افزایش تعداد دانه را در اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر ۷ درصد گزارش نمودند. سیدشریفی و نظرلی (۱۳۹۲) گزارش کردند به نظر می‌رسد با کاربرد توام کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد، می‌توان از طریق مصرف کم کود شیمیایی ضمن صرفه‌جویی در هزینه و امکان کاهش آلودگی احتمالی منابع آب های زیرزمینی در اثر آبشویی نیترات، به عملکرد قابل قبولی دست پیدا نمود. البته سلیمانزاده و همکاران (۲۰۱۰) اثر ترکیب تیماری کود نیتروژنه و ازتوباکتر را بر عملکرد پایین خاک و نبودن زمان pH دانه آفتابگردان به دلیل کافی برای رسیدن به حداکثر فعالیت ازتوباکتر غیرمعنی‌دار گزارش کردند. به نظر میرسد این افزایش عملکرد ناشی از افزایش جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر است که به وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن-های ریشه و افزایش جذب مواد غذایی موجب بهبود رشد گیاه و در نهایت افزایش عملکرد می‌شوند.

روستی و همکاران (۲۰۰٦) علت افزایش عملکرد توسط باکتری‌های محرک رشد به همراه کود نیتروژنه را به نقش مثبت باکتری در تنظیم و تولید هورمون‌های محرک رشد و توسعه بهتر ریشه گیاه نسبت دادند که با افزایش امکان جذب بیشتر به بهبود عملکرد کمک می‌نماید. زهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت را بر اثر تلقیح بذر با باکتریهای ازتوباکتر و آزوسپریلیوم گزارش کردند. سیدشریفی و نظرلی (۱۳۹۲) گزارش کردند با افزایش سطوح کود نیتروژنه و کاربرد باکتری‌های محرک رشد عملکرد دانه و اکثر صفات مورد بررسی افزایش یافت. بین سطوح کود نیتروژنه، مصرف ۱٦۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در بین پرایمینگ بذر با باکتریهای محرک رشد، ازتوباکتر بیشترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که عملکرد دانه در ترکیب تیماری مصرف ۱٦۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار درحالت عدم تلقیح، با ترکیب تیماری مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در پیش تیمار بذر با ازتوباکتر اختلاف معنیداری با یکدیگر نداشتند. به عبارتی کاربرد باکتری‌های محرک رشد در ترکیب با مقادیر کمتر کود شیمیایی اوره توانست عملکردی معادل با مصرف بالای کود شیمیایی ولی در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری را تولید نماید.

در مطالعه‌ی حاضر نیز به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد گیاه موجب افزایش قابلیت دسترسی و استفاده از نیتروژن در تیمارهای کودی مربوطه شده و با بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه، انتقال مجدد ماده خشک از ساقه را به طور قابل توجهی کاهش داده است. تخصیص مجدد ذخایر ساقه به دانه در اثر

تنش توسط پالتا و همکاران (۱۹۹٤) نیز طی بررسی‌های جداگانه گزارش شده است به طوری که سهم انتقال مواد از کل اندام‌های هوایی گیاه در عملکرد دانه در منابع از ٦ تا ۷۵ درصد گزارش شده است. به این ترتیب با توجه به نتایج به دست آمده و مطابق با نتایج گزارش شده مشاهده گردید که در شرایط تغذیه ای مناسب (بالاترین سطوح کودهای نیتروژن به همراه تلقیح بذر با هر دو باکتری) کمترین، و در سطوح شاهد فاکتورهای آزمایشی بیشترین میزان انتقال و سهم انتقال به دست آمد. هر چند که بالاترین عملکرد دانه در بالاترین سطوح کاربرد نیتروژن به دست آمده که نشان دهنده این موضوع می باشد که با وجود پایین بودن میزان انتقال مجدد در بالاترین سطوح نیتروژن به دلیل تغذیه مناسب و احتمالا به وجود آمدن سطح مناسبی از شاخص سطح برگ فتوسنتز جاری بالا رفته و عملکرد دانه افزایش یافته است.

کاتلن و همکاران (۱۹۹۹)، دلیل اصلی افزایش عملکرد گیاه از طریق تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه را به افزایش دسترسی گیاه به کود از طریق حل آنزیمی و غیر آنزیمی فسفات های نامحلول آلی و معدنی توسط باکتری‌های محرک رشد گیاه نسبت دادند. کاماکسی و همکاران (a2007) افزایش عملکرد به واسطه‌ی باکتری‌های محرک رشد گیاه را به افزایش رشد سیستم ریشه‌ای گیاه و در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن نسبت دادند. افزایش رشد ریشه (تعداد و حجم ریشه) در نتیجه به کارگیری باکتری‌های محرک رشد گیاه در مطالعه حاضر نیز مشاهده شده است.

افزایش وزن هزار دانه جو در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گیاه و کاربرد کود توسط حسن‌زاده و همکاران گزارش شده است (حسن‌زاده و همکاران،۱۳۸٦). در آزمایشی که توسط غلامی و همکاران (۲۰۰۹) انجام شد وزن هزار دانه ذرت در پاسخ به تلقیح با آزوتوباکتر برازیلنس دی- اس- ام، ۱٦۹۰ حدود ٤٤ درصد افزایش یافت. همچنین افزایش وزن هزار دانه از طریق کاربرد نیتروژن توسط حکم‌علی‌پور و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است. حسن زاده و همکاران (۱۳۸٦) نیز در یک آزمایشی که بر روی جو انجام دادند گزارش کردند که تعداد دانه در سنبله، به طور معنی‌داری تحت تاثیر سویه های باکتری‌های محرک رشد افزایش می‌یابد. نتایجی مشابهی نیز در کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه بر روی تعداد پنجه در بوته توسط شاهارون و همکاران (۲۰۰٦) گزارش شده است.

کاماکسی و همکاران (a2007) نیز نشان دادند که تلقیح بذر جو با باکتری‌های محرک رشد گیاه موجب افزایش بیوماس کل تا ٤۵/۹ درصد شده است. در مطالعه‌ی حاضر نیز به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد گیاه موجب افزایش قابلیت دسترسی و استفاده از نیتروژن در تیمارهای کودی مربوطه شده و با بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه توانسته‌اند افزایش چشمگیری در عملکرد بیولوژیک ایجاد نمایند. افزایش عملکرد بیولوژیک به دنبال کاربرد نیتروژن نیز توسط حکم‌علی‌پور و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش شده است. با توجه به اثر افزایشی تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه می توان نتیجه گرفت تاثیر فاکتورهای آزمایشی در افزایش عملکرد دانه در مقایسه با تاثیر آن ها در افزایش عملکرد بیولوژیک بیش تر بوده به طوری که با وجود افزایش عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت نیز افزایش یافته است.

حکم‌علی‌پور و سیدشریفی (۱۳۹٤) نتایج نشان دادند با افزایش مقادیر کودهای نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد گیاهی میزان انتقال ماده خشک کل و ساقه و سهم آن دو در پر شدن دانه کاهش یافت. به طوری که بیشترین میزان انتقال ماده خشک و بالاترین سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه در سطوح شاهد فاکتورهای آزمایشی مشاهده گردید. حداکثر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه در بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در کرت‌هایی با بالاترین مقادیر کودهای نیتروژن و پیش تیمار توأم Azosprilium و Azotobacter و کم ترین آن ها در عدم کاربرد فاکتورهای آزمایشی به دست آمد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی مشاهده شد که تجزیه واریانس مرکب انجام شده برای اثر سال، کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد برای صفات مورد مطالعه، مشاهده شد که صفت تعداد بوته در مترمربع، برای اثرات اصلی سال، کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد و همچنین اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری معنی‌دار شد. صفت تعداد پنجه در بوته نیز مشاهده شد که اثرات اصلی کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد و اثر متقابل دوجانبه باکتری × سال نیز معنی‌دار شدند. صفت وزن هزار دانه تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک، میزان انتقال ماده خشک از ساقه به دانه، سهم انتقال مواد از ساقه به دانه، میزان انتقال مواد فتوسنتزی از کل گیاه به دانه و سهم انتقال مواد فتوسنتزی از کل گیاه به دانه نیز برای اثرات اصلی کود نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد و همچنین اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری معنی‌دار شدند. همچنین صفت شاخص برداشت نیز فقط برای اثرات اصلی باکتری‌های

محرک رشد معنی‌دار شد. برای بقیه اثرات متقابل، اختلاف آماری معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد.

مقایسه میانگین انجام شده برای صفاتی که برای اثر ساده سال معنی‌دار شده بودند نشان داد که در سال دوم کشت مقدار بیشتری نسبت به سال اول مشاهده شد. برای اثر سطوح مختلف کود نیتروژن در صفات مورد مطالعه مشاهده شد که افزایش کاربرد سطوح مختلف این کود موجب افزایش این صفات شد به طوری که سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح، داری بیشترین مقدار بوده و سطح شاهد کودی (عدم کاربرد کود) نیز کمترین مقدار را به خود اختصاص داد.

همچنین در اثر کاربرد تیمارهای مختلف باکتری‌های محرک رشد نیز مشاهده شد که تیمار ترکیبی از دو باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ و آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف نسبت به کاربرد تک تک این دو باکتری نسبت به شاهد (عدم تلقیح) دارای بیشترین مقدار و سطح بودن تلقیح نیز کمترین مقدار این صفات را به خود اختصاص داد.

مقایسه میانگین انجام شده برای اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد برای صفات مورد مطالعه نشان داد که افزایش سطوح کود نیتروژون و مخلوط دو باکتری موجب افزایش این صفات شد به طوری که بیشترین مقدار این صفات در ترکیب تیماری سطح پنجم کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مخلوط دو باکتری به دست آمد. همچنین کمترین مقدار این صفات نیز در ترکیب تیمار شاهد هر دو تیمار مشاهده شد.

مقایسه میانگین انجام شده برای اثر متقابل دوجانبه سال × باکتری‌های محرک رشد برای صفات معنی‌دار شده در اثر این تیمار نیز نشان داد که بیشترین مقدار این صفات در ترکیب تیماری سال دوم کشت با مخلوط دو باکتری به دست آمد و کمترین مقدار این صفات نیز در ترکیب تیمار شاهد در سال اول مشاهده شد.

اختلاف بین بیشترین و کمترین عملکرد دانه در اثر کاربرد کود نیتروژن، ٢٤ درصد بود همچنین اختلاف بین بیشترین و کمترین عملکرد دانه در اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد، ٤٠ درصد بود. برای اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد برای صفت عملکرد دانه در واحد سطح نیز نشان داد که اختلاف بین بیشترین و کمترین عملکرد دانه در واحد سطح، حدود ۵۰ درصد بود.

مقایسه میانگین انجام شده برای میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه، نشان داد در این صفات دقیقا برعکس دیگر صفات مطالعه شده اتفاق افتاده به طوری که سطح پنجم کودی (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح، داری کمترین مقدار بوده و سطح شاهد کودی (عدم کاربرد کود) نیز بیشترین میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه را به خود اختصاص داد.

در اثر کاربرد تیمارهای مختلف باکتری‌های محرک رشد نیز مشاهده شد که تیمار کاربرد توام دو باکتری آزتوباکتر کروکوکوم استراین ۵ و آزوسپریلوم لیپوفرم استراین آف نسبت به کاربرد تک تک این دو باکتری دارای کمترین میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه بوده و سطح بدون تلقیح نیز بیشترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد

مقایسه میانگین انجام شده برای اثر متقابل دوجانبه نیتروژن × باکتری‌های محرک رشد برای صفت میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه نیز نشان داد که افزایش سطوح کود نیتروژون و مخلوط دو باکتری موجب کاهش این صفات شد به طوری که کمترین میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه در ترکیب تیماری سطح پنجم کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با مخلوط دو باکتری به دست آمد. همچنین بیشترین میزان انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه سهم انتقال ماده خشک از ساقه و از کل گیاه به دانه (به ترتیب ۲۷۵/۹۸ میلی-گرم، ۵۳/۱۸ درصد، ٤٤١/٥٨ میلی‌گرم و ۸۵/۱۲ درصد) نیز در ترکیب تیمار شاهد کود و شاهد باکتری مشاهده شد.

منابع

حکم‌علی‌پور، س. ر. سیدشریفی. ١٣٩٤. اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه روی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی جوی بهاره در سطوح مختلف کود نیتروژن و فسفر. نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). شماره ٢٩، جلد ٤: ٤٠٨-٤٢٥.

سیدشریفی، ر. نظرلی، ح. ۱۳۹۲. تأثیر پرایمینگ بذر با باکتری‌های محرک رشد PGPR بر عملکرد دانه، کارایی مصرف کود و انتقال ماده مجدد ماده خشک آفتابگردان در سطوح مختلف کود نیتروژنه. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. شماره ۲۳، جلد ۳: ۲۷-٤٥.

طاهری نژاد، ا.، قبادی، م.ا. جلالی هنرمند، س. و حیدری، ح. ۱۳۹۸ .بررسی برهمکنش کاربرد ازتوباکتر و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد مـواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو. (*Hordeum vulgar* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۳): ۸۹۳-۹۰۸.

Cakmakci, R., M. Erat, U.G. Erdoman and M. F. Donmez. 2007b. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 288-295.

Cakmakci, R.M., F. Donmez, and U. Erdogan. 2007a. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties and bacterial counts. Turk. J. Agric. 31:189-199.

Cattelan, A.J., P.G. Hartel and J.J., Fuhrmann. 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Am. J., Soil Sci. Soc. 63:1670–1680 .

Egamberdiyeva, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Appl. Soil. Eco. 36:184-189.

Ehdaie, B. and G. Wanies. 1996. Genetic variation for contribution of pre-anthesis assimilates to grain yield in spring wheat. J. Genetic and Breeding. 50:47-56 .

Gholami, A., S. Shahsavani, and S. Nezarat. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of World Academy of Science. Engi and Tech. 37: 2070-3740

Golami, A., S. Shasavani and Nezarat, S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of Word Academy of Science. Engineer and Techno. 37: 2070-3740.

Hokmalipour, S., R. Seyedsharifi, Sh. Jamaati-e-Somarin, M. Hassanzadeh, M. Shiri-e-Janagard and R. Zabihi-e-Mahmoodabad. 2010. Evaluation of Plant Density and Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components and Growth of Maize. World App. Sci. J. 8: 1157-1162.

Hokmalipour, S., M. Shiri-e-Janagard, M. Hamele Darbandi, F. Peyghami-e-Ashenaee, M. Hasanzadeh, M.N. Seiediand R. Shabani. 2010a. Comparison of Agronomical Nitrogen Use Efficiency in Three Cultivars of Corn as Affected by Nitrogen Fertilizer Levels. World App. Sci. J. 8: 1168-1174.

Karakurt, H., R. Aslantas, G. Ozkan and M. Guleryuz. 2009. Effects of indol–3-butyric acid (IBA), plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and carbohydrates on rooting of hardwood cutting of MM106 apple rootstock. African J. Agric. Res. 4 (2):60-64.

Manaffee, W.F. and J. W. Klopper, 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: Soil biota Management in Sustainable Farming Systems, Pankburst, C.E., B. M., Double, V. V. S. R., Gupta, and P. R., Grace, (eds.). CSIRO Pub East Melbourne, Australia. 23-31.

Palta J.A., T. Kobata, N.C. Turner, and I.R. Fillery. 1994. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by post-anthesis water deficits. Crop Sci. 34:118-124.

Papakosta, D.K. and A.A. Gagianas. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agron. J. 83: 864-870.

Roesti, D., R. Gaur, B.N. Johri, G. Imfeld, S. Sharma, K. Kawaljeet, and M. Aragno, 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil. Biol. Biochem., 38: 1111–1120.

Salantur, A., A. Ozturk and S., Akten. 2006. Growth and yield response of spring wheat (Triticum aestivum L.) to inoculation with rhizobacteria. Plant Soil Environ. 52:111–118.

Seyed Sharifi R, 2011. Study of grain yield and some of physiological growth indices in maize (Zea mays L.) hybrids under seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). J. Food, Agric and Environ. 9(3&4): 393-397.

Shaharoona, B.M., Z. Arshad, A. Zahir, and A. Khalid. 2006a. Performance of Pseudomonas spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (Zea mays L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil. Biol. Biochem. 38:2971–2975.

Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India, 407 pp.

Shaukat, K., S. Affrasayab and S. Hasnain. 2006. Growth responses of Helianthus annus to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. J. Agri. 1:573-581 .

Smith, D.L. and C. Hamel. 1999, Crop Yield, Physiology and processes. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 504 pp.

Soleimanzadeh, H., D. Habibi, M. Ardakani, F. Paknejad, and F. Rejali, 2010. Response of Sunflower (Helianthus annuus L.) to inoculation with Azotobacter under different nitrogen levels. Amer-Eur J. Agric. & Environ Sci, 7(3): 265-268.

Souza, S.R., E. Mariam, L.M. Stark, and M.S. Fernandes, 1998. Nitrogen remobilization during the reproductive period in two Brazilian rice varieties. J. Plant Nutr. 21: 2049-2053.

Vessy, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and soil. 5:255-586.

Wu S.C., Z.H. Cao, Z.G Li, K.C. Cheung and M.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and A M fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma, 125:155–166.

Zahir, A.Z., M. Arshad, and A. Khalid, 1998. Improving maize yield by inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Pak. J. Soil. Sci. 15: 7-11.

Investigation the effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth, yield and dry matter remobilization in barley

A. Abbasi[1], Sh. Mehri[2], H. Solimanzadeha[3], S. Alipourb[4]

Received: 2022-08-05 Accepted: 2023-01-25

Abstract

In order to survey the impact of plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen fertilizer on growth, yield and remobilization of photosynthetic dry matter in barley, a two-year factorial experiment based on randomized complete block design with three replicates was carried out on barley cultivar LB-IRAN, at the research farm of the Islamic Azad University, Ardabil branch, Ardabil, Iran, in two consecutive years of 2019 and 2020 cropping years. First factor included five nitrogen levels: 0 (control), 25, 50, 75, 100 kg/ha net nitrogen, and second factor contained grain inoculations with four bacteria: no inoculation (control), Azotobacter crococcum strain 5, Azospirillum lipoferum strain of, and combination of the two mentioned bacteria. Fertilization was performed at planting, tillering, and grain filling stages. Results revealed that most of the studied traits were significant. Nitrogen rate increment resulted in the higher rates of the above-mentioned traits so that 100 kg/ha nitrogen significantly showed the highest amounts while control caused the lowest ones. Combined treatment of the bacteria resulted in the higher rates compared to the single bacteria, and control showed the lowest amounts. Also, it was observed that application of 100 kg/ha nitrogen on Azotobacter crococcum strain 5, and Azospirillum lipoferum strain of resulted in the lowest rate of dry matter remobilization from stem and whole plant to the grain, and contribution of dry matter remobilization from stem and whole plant to the grain while, control treatments of nitrogen and of PGPRs caused the highest rates. Difference between the highest and lowest rates of grain yield was observed by applying nitrogen (24%) and PGPRs (40%). According to the results obtained in this experiment, the fifth level of fertilizer (100 kg//ha) and the combined use of two bacteria are recommended to achieve the highest yield in barley.

Keywords: Inoculation, Bacteria, Yield and Yield Components, Assimilated Transfer.

1- Ph.D. Student of Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Parsabad Moghan Branch, Parsabad Moghan, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Parsabad Moghan Branch, Parsabad Moghan, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Parsabad Moghan Branch, Parsabad Moghan, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payam Noor University, Iran.